Über ausziehbare Gefäß- und Bastbündel und Schraubenbänder

Von

Richard Baecker

Aus dem Pflanzenphysiologischen Institut der Universität in Wien
Nr. 181 der zweiten Folge

(Mit 1 Textfigur)

(Vorgelegt in der Sitzung am 26. Mai 1922)

I. Ausziehbare Gefäß- und Bastbündel.

Die durch Abreißen oder Abbrechen saftiger, nicht verholzter Pflanzenteile (Blattstiele und Sprosse) entstehenden Bruchflächen zeigen in der Regel eine mehr minder glatte Beschaffenheit. Bei einer Reihe von Pflanzen jedoch, so bei *Plantago*- und *Stellaria*-Arten, bei *Arabis albida* u. a. (siehe Zusammenstellung I) lassen sich die einzelnen Gefäßbündel oder der Zentralzylinder, das ist der von der Gesamtheit aller Gefäßbündel gebildete Zylinder, auf längere Strecken frei herausziehen, so daß sie oft faserförmig aus der Bruchfläche herausragen. Bei der Ergründung dieser zweifellos auf mechanische Ursachen zurückzuführenden Verschiedenheit des Verhaltens ist nun zunächst zu berücksichtigen, daß im allgemeinen nur ein homogener Stab (beispielsweise aus Eisen oder anderen Metallen, aus Porzellan u. dgl.) mit einer glatten Bruchfläche abreißt, während es bei Körpern, die wie Pflanzensprosse aus mechanisch verschiedenwertigen Geweben zusammengesetzt sind, von vornherein keineswegs wahrscheinlich ist, daß sie bei einem in ihrer Längsrichtung wirkenden Zug oder bei ihrer Biegung mit glatter Bruchfläche abreißen, beziehungsweise abbrechen; es wäre vielmehr eher anzunehmen, daß jeder der den Pflanzenteil aufbauenden Gewebekomplexe (Fibrovasalbündel, Baststränge der primären Rinde, Parenchym) jeweils an der Stelle geringster Festigkeit zum Bruche kommt, wobei diese Stellen aber nicht in einer Querschnittsebene, sondern in verschiedener Höhe liegen werden.

Zusammenstellung I.

Pflanzen mit ausziehbaren Gefäßbündeln, Zentralzylinder und Bastfasern.

	Organ	Ausziehbarer Gewebeteil
Fam. *Chenopodiaceae*		
Spinacia oleracea	Blattstiel	Gefäßbündel
Fam. *Caryophyllaceae*		
Stellaria media	Sproß	Zentralzylinder
Stellaria aquatica	»	»
Fam. *Cruciferae*		
Arabis albida	Sproß	Zentralzylinder
Brassica capitata	Blattnerv	Gefäßbündel
Brassica botrytis	»	»
Fam. *Myoporaceae*		
Plantago major	Blattstiel	Gefäßbündel
Plantago lanceolata	»	»
Fam. *Compositae*		
Leontodon spec.	Blattstiel	Gefäßbündel
Arctium spec.	»	»
Cirsium palustre	»	»
Fam. *Commelinaceae*		
Campelia Zanonia	Blatt	Bastfasern

Demgegenüber lehrt nun, wie eingangs ausgeführt, die Erfahrung, daß die überwiegende Mehrzahl der pflanzlichen Organe mit mehr minder glatten Bruchflächen abreißt und die der theoretischen Erwägungen Rechnung tragenden Pflanzenteile in der Minderzahl sind. Es muß daher angenommen werden, daß in den in Betracht kommenden Organen der meisten Pflanzen vor allem die Fibrovasalbündel gegen das umgebende Parenchym verhältnismäßig kräftig versteift sind, so daß ungeachtet der verschiedenen Höhenlage der schwächsten Stellen der einzelnen Gewebekomplexe der ganze Pflanzenteil an einer Stelle zum Bruch kommt. Ist diese Auffassung richtig, dann muß bei den faserig abreißenden Pflanzenteilen die Verbindung zwischen Parenchym und Bündel eine vergleichsweise sehr lose sein. Tatsächlich ergibt sich nun bei der Untersuchung dünner Querschnitte durch Sprosse und Blattstiele

der in der Zusammenstellung I angeführten Pflanzen (mit Ausnahme von *Campelia*) in Übereinstimmung mit den vorstehenden Ausführungen folgendes:

1. Dem Mestom der Bündel liegen mächtige Bastbelege an, die an den Flanken des Bündels zusammenstoßen und daher einen geschlossenen mechanischen Belag bilden; bei Pflanzen mit ausziehbarem Zentralzylinder (*Stellaria, Arabis*) liegen dem Phloem außen flache Sklerenchymbogen an, die sich mit ihren Enden fast berühren und daher gleichfalls einen geschlossenen Ring unter der primären Rinde bilden;

2. die Zellen des Stereoms besitzen sehr stark verdickte Membranen und ein enges Lumen, der Gefäßteil des Bündels, beziehungsweise der Bündelring ist daher von einem kompakten, starren Hohlzylinder umschlossen;

3. die Kontur des Querschnittes des Fibrovasalbündels, beziehungsweise des Zentralzylinders ist nahezu kreisförmig, einspringende Winkel fehlen vollständig;

4. die Zellen der dem Stereom unmittelbar anliegenden physiologischen Scheide, beziehungsweise des Rindenparenchyms sind ausgesprochen weitlumig, ihre radial stehenden Membranen sind sehr dünn. In vielen Fällen zeigt die Membran der Grenzzellen in der Hälfte oder im inneren Drittel der radial gestellten Membran deutlich eine Verschwächung, bei *Plantago lanceolata* und stellenweise auch bei *Plantago major* lassen sich an dieser Stelle mit Ölimmersion auch zarte Tüpfel erkennen.

Daraus ergibt sich also, daß bei den Pflanzen mit ausziehbaren Vibrovasalbündeln und Zentralzylinder diese Teile nahezu kreisförmigen Querschnitt haben, daß die Größe der Berührungsfläche mit dem umgebenden Gewebe daher ein Minimum darstellt (jede andere Querschnittsform, insbesondere eine solche mit einspringenden Winkeln, wie bei dem Blattstiel von *Aesculus hippocastanum*, ergibt größere Berührungsflächen zwischen Bündel und Parenchym); weiters, daß Bündel und Zentralzylinder an der Peripherie aus einem starren, dickwandigen Gewebe bestehen, an das ohne Übergang ein sehr dünnwandiges, weitlumiges Gewebe anschließt, dessen innere radiale Membranen deutlich verschwächt sind. Nun erfolgt aber nach den Erfahrungen der Festigkeitslehre ein Bruch immer am leichtesten an Stellen schroffer Querschnittsänderung. Dazu kommt, daß die Membranen der Grenzzellen durch die unter (4) erwähnte Verschwächung und Tüpfelbildung zu einem Bruch schon präformiert erscheinen. Das abweichende Verhalten einzelner Pflanzen in bezug auf die Ausziehbarkeit der Fibrovasalbündel und Zentralzylinder ist demnach tatsächlich, wie eingangs angenommen wurde, darauf zurückzuführen, daß diese Gewebekomplexe wegen ihrer Querschnittsform, wegen des schroffen Wechsels der Festigkeitsverhältnisse und wegen der Verschwächung der radial stehenden Membranen der Grenzzellen mit dem um-

gebenden Grundgewebe in einem verhältnismäßig losen Zusammenhange stehen; das hat zur Folge, daß beim Zerreißen des Organes die geringe Versteifung in der Längsrichtung leicht überwunden werden kann und die einzelnen Bestandteile des Organes daher an ihrer spezifisch schwächsten Stelle abreißen können, während bei Pflanzen, die diese Besonderheit der Lagerung der Bündel und Zentralzylinder nicht aufweisen, der Widerstand, den die einzelnen Gewebeteile des Organes einer Verschiebung in der Längsrichtung entgegensetzen, erheblich größer ist und so zu einer mehr minder glatten, einheitlichen Bruchfläche führt. Der Vorgang beim Abreißen wird sich aller Wahrscheinlichkeit nach in der Weise vollziehen, daß beim Dehnen des Pflanzenteiles zunächst nur die wenig dehnbaren starren Bündel abreißen, ohne daß dieser Umstand aber vorerst in Erscheinung tritt, weil das übrige parenchymatische und turgeszente Gewebe eine mit Querkontraktion verbundene Dehnung erfährt. Bei Steigerung der Zugbeanspruchung kommt dann auch das Grundgewebe zum Bruch, wobei auch die Bündel an den nach den vorstehenden Ausführungen präformierten Stellen aus dem Verbande gerissen werden.

Ein ähnliches Verhalten wie die bisher besprochenen Pflanzen zeigen auch die Blätter von *Campelia Zanonia*,[1] aus denen sich beim Zerreißen lange Fasern herausziehen lassen. In diesem Falle handelt es sich aber nicht um ganze Gefäßbündel, sondern nur um die Bastbelege derselben. Wie Querschnitte durch das Blatt zeigen, umgeben die Bastzellen, die eine Länge von mehr als einen Zentimeter aufweisen, in einfacher Lage U-förmig das Leptom des Bündels und sind nur im basalen Teile des Blattes ziemlich dickwandig. Die für die Pflanzen mit ausziehbaren Bündeln und Zentralzylinder charakteristischen Merkmale fehlen daher hier bis auf die Dünnwandigkeit der an die Bastzellen angrenzenden Zellen des Leptoms und Parenchyms, so daß die früher angegebene Erklärung für die leichte Ausziehbarkeit hier nur zum Teile Geltung hat. Auch Unterschiede in chemischer Hinsicht sind nicht nachweisbar; durch Behandlung von Blattquerschnitten mit Phloroglucin-Salzsäure und Jod-Schwefelsäure sowie Färbung mit Rutheniumrot auf Vorhandensein von Pektinstoffen wurde vielmehr festgestellt, daß die Membranen sowohl der Leptom- als auch der Parenchymzellen aus reiner Zellulose bestehen.

Die Ausziehbarkeit der Bastzellen bei *Campelia* dürfte aller Wahrscheinlichkeit nach darauf zurückzuführen sein, daß bei einer bis zum Bruch führenden Dehnung des Blattes zuerst das Grundgewebe reißt, während die Bastfasern wegen ihrer hohen Zugfestigkeit und vor allem wegen ihrer großen Elastizität einem Zerreißen vorerst widerstehen und erst später an einer anderen Stelle abreißen, wobei sie infolge der Dünnwandigkeit des sie umgebenden Leptoms und Parenchyms leicht aus diesem herausgezogen werden können.

[1] H. Molisch, Beiträge zur Mikrochemie der Pflanze. Ber. der Deutschen botan. Ges., 1918, Bd. XXXVI, Heft 5.

Zusammenstellung II.

Über die chemische Beschaffenheit der Membranen und der Verdickungsleisten.[1]

Verdickungsleisten abrollbar						Verdickungsleisten nicht abrollbar					
Verdickungsleisten mit Stiel			Verdickungsleisten ohne Stiel			Verdickungsleisten mit Stiel			Verdickungsleisten ohne Stiel		
Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der		Pflanze	Beschaffenheit der	
	Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten		Membran	Verd. Leisten
Rhoeo discolor	Pekt.	Zell.	*Piper macrophyllum*	Zell.	Holz	*Humulus lupulus*	Pekt.	Holz	*Chelidonium majus*.	Pekt.	Zell.
			Rubus fruticosus ..	Zell.	Holz	*Boehmeria Ham.*	Zell.	Holz	*Impatiens Balsam*..	—	—
			Fragaria spec.	Zell.	Holz	*Beta vulgaris* ...	Pekt.	Holz	*Daucus carota*	—	—
			Cornus sanguinea ..	Zell.	Holz	*Cheiranthus Cheiri*	Pekt.	Holz	*Nerium Oleander* ..	—	—
			Cornus Mas.......	—	—	*Brassica Napus*..	—	—	*Cucurbita pepo*	Pekt.	Holz
			Aucuba japonica...	Zell.	Holz	*Fuchsia* spec....	—	—	*Dracaena rubra* ...	—	—
			Agapanthus umbell.	—	—	*Plantago major* ..	—	—	*Tradescantia multic.*	Pekt.	Zell.
						Plantago lanceol.	—	—	*Tradescantia zebrina*	—	—
						Leontodon spec. .	—	—	*Zea Mays*	—	—
									Musa Cavendishi ..	Zell.	Zell.
									Monstera deliciosa .	—	—

[1] Es bedeutet: »Pekt.«, daß in dem betreffenden Gewebeteil Pektinstoffe eingelagert sind; »Holz«, daß der betreffende Gewebeteil verholzt ist; »Zell.«, daß der betreffende Gewebeteil aus reiner Zellulose besteht. — Das Vorhandensein reiner Zellulose wurde durch Jod-Schwefelsäure, einer Verholzung durch Phloroglucin-Salzsäure und von Pektineinlagerung durch eine ammoniakalische Lösung von Rutheniumrot nachgewiesen.

II. Abrollbare Schraubenbänder.

Fast bei allen Pflanzen lösen sich bekanntlich bei der Anfertigung von Schnitten für mikroskopische Präparate die schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße von der Gefäßmembran leicht los. Diese Erscheinung ist, da es sich um einen bei der Zartheit der pflanzlichen Gebilde immerhin gewaltsamen Vorgang handelt, leicht zu erklären. Bei einer allerdings beschränkten Anzahl von Pflanzen zeigt sich aber die weitere auffällige Tatsache, daß beim Abreißen des Sprosses, Blattstieles und Blattes sowie der Blattnerven die schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße oft auf bis zu 1 *cm* lange Strecken herausgezogen werden. Diese Erscheinung, die sich besonders deutlich bei *Agapanthus umbellatus*, weniger markant bei *Piper macrophyllum, Cornus sanguinea* u. a. (siehe Zusammenstellung II) zeigt, kann jedoch nicht auf dieselben Ursachen zurückgeführt werden wie das eingangs erwähnte Loslösen der Verdickungsleisten. Es war zunächst naheliegend, die Abrollbarkeit mit der Art der Anheftung der Schraubenbänder an der Gefäßwand in Zusammenhang zu bringen, eine Auffassung, die schon Rothert in einer später noch zu erwähnenden Arbeit vertreten hat.[1] Der genannte Autor wendet sich dort gegen die u. a. von de Bary[2] angegebene Erklärung der Abrollbarkeit mit einem Zerreißen der unverdickten Gefäßmembran und führt sie auf eine Ablösung der Leisten von der dünnen Membran zurück, die einerseits in der verschiedenartigen Beschaffenheit der Gefäßwandungen, von denen die dünne Membran unverholzt und weich, die Verdickungsleisten verholzt und viel härter sein sollen, andrerseits darin begründet sein soll, daß die Verdickungsleisten mit der Membran nur mit einem meist relativ schmalen Längsstreifen verwachsen sind.[3]

An einer früheren Stelle der zitierten Arbeit[4] kommt Rothert auf Grund seiner Untersuchungen zu der Folgerung, »daß mit vereinzelten Ausnahmen die verschmälerte Anheftung der Verdickungsleisten bei den Gefäßen ganz allgemein ist«.

Es wurden daher zunächst die in der Zusammenstellung III unter Nr. 1, 4 bis 9, 12, 15, 18, 19, 21, 23, 26 bis 28 angegebenen Pflanzen, die nach Rothert Schraubenbänder mit verschmälertem Fuß besitzen sollen, und zu Kontrollzwecken auch eine Anzahl solcher Pflanzen, bezüglich deren Verdickungsleisten der genannte Autor besondere Angaben nicht gemacht hat (Nr. 2, 3, 10, 11, 13, 14, 16, 17, 20, 22, 24, 25), in dieser Richtung eingehend untersucht.

---

[1] W. Rothert, Rozprawy d. Akad. d. Wissensch. Krakau, Ser. II, Tom. XIV (1899), p. 433; Anzeiger d. Akad. d. W. Krakau, 1899, p. 15.

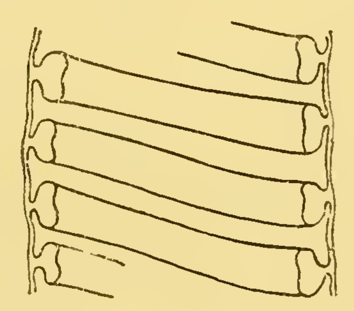
[2] A. de Bary, Vergleichende Anatomie der Vegetationsorgane, p. 164. »Die Abrollbarkeit der Spiralgefäße hat einfach ihren Grund darin, daß bei Zerrung die zarte, unverdickte Membran reißt, die zähe Faser, an der zarte, leicht zu übersehende Fetzen der zerrissenen Haut hängen, gestreckt wird.«

[3] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 34.

[4] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 18.

Hiebei konnte bei den zuerst angeführten Pflanzen nur in fünf von 15 Fällen (Nr. 1, 4, 6, 7, 12) eine stielförmige Ausbildung der Anheftungsstellen festgestellt werden, in allen anderen Fällen fiel bei der Untersuchung sowohl ausgewachsener als auch jugendlicher Teile der Befund im Gegensatze zu den Angaben Rothert's negativ aus, die Leisten zeigten sich vielmehr der Membran vollständig aufliegend.[1]

Andrerseits waren bei Pflanzen, bei denen Rothert eine verschmälerte Anheftung nicht konstatierte, deutlich stark verschmälerte, stielförmige Anheftungsstellen festzustellen (Nr. 2, 16, 17, 20). Auch in jenen Fällen, in denen die Untersuchungen des Verfassers mit den Angaben Rothert's übereinstimmen, zeigte sich jedoch, daß die stielförmige Anheftung nicht nur auf einzelne Gefäße eines Schnittes, sondern vielfach nur auf einzelne Stellen eines Gefäßes beschränkt bleibt, daß sogar oft nur ein Querschnitt einer Verdickungsleiste eine stielförmige Anheftung erkennen läßt, während der benachbarte Querschnitt der Gefäßmembran voll aufliegt.



Schraubenbänder von *Brassica Napus*, Blattstiel (Vergr. 1400 : 1).

Letztere Tatsache mag übrigens in dem auch von Rothert erwähnten Umstande ihre Begründung finden, daß die Gefäße selbst einen mehr polygonalen Querschnitt aufweisen, während die Verdickungsleisten schon vermöge ihrer größeren Dicke eine mehr kontinuierliche Krümmung anzunehmen bestrebt sind, so daß sich ihr Abstand von der Membran in radialer Richtung und damit die Höhe der Anheftungsleiste während einer Windung mehrmals ändern kann.

Aus den Beobachtungen des Verfassers ergibt sich daher zunächst, daß die oben zitierte Angabe Rothert's über die allgemeine Verbreitung einer verschmälerten Anheftung der Verdickungsleisten in dieser generalisierenden Fassung nicht gültig ist und jedenfalls einer Einschränkung in der Richtung bedarf, daß die verschmälerten Anheftungsstellen mehr minder vereinzelt bei einzelnen Individuen einer bestimmten Spezies vorkommen.

---

[1] Als verschmälerte Anheftung kann konsequenterweise nur eine solche nach der Textfigur bezeichnet werden; daß bei kreisförmigem oder elliptischem Querschnitt der Verdickungsleisten ihr Rand der Membran nicht vollständig aufliegt, ist selbstverständlich.

Zusammenstellung III.

Über die Art der Anheftung der Verdickungsleisten der Schraubengefäße.

× = Rothert gibt l. c. verschmälerte Anheftungsleisten an, beziehungsweise der Verfasser konnte solche feststellen.

0 = Der Verfasser konnte derartige Anheftungsleisten nicht feststellen.

		Nach Rothert	Nach Untersuchungen des Verfassers
Fam. *Cannabaceae*			
1. *Humulus Lupulus*	Sproß	×	×
Fam. *Urticaceae*			
2. *Boehmeria Hamiltonea*	Sproß		×
Fam. *Piperaceae*			
3. *Piper macrophyllum*	Sproß		0
Fam. *Chenopodiaceae*			
4. *Beta vulgaris*	Rübe	×	×
Fam. *Papaveraceae*			
5. *Chelidonium majus*	Sproß	×	0
Fam. *Cruciferae*			
6. *Cheiranthus Cheiri*	Blattstiel	×	×
7. *Brassica Napus*	Blattstiel	×	×
Fam. *Balsaminaceae*			
8. *Impatiens Balsamina*	Sproß	×	0
Fam. *Rutaceae*			
9. *Citrus vulgaris*	Sproß	×	0
Fam. *Rosaceae*			
10. *Rubus fruticosus*	Blattnerv		0
11. *Fragaria* spec.	Blattstiel		0
Fam. *Oenotheraceae*			
12. *Fuchsia* spec.	Sproß	×	×
Fam. *Cornaceae*			
13. *Cornus sanguinea*	Blattstiel		0
14. *Aucuba japonica*	Sproß und Blattstiel		0

		Nach Rothert	Nach Untersuchungen des Verfassers
Fam. *Umbelliferae*			
15. *Daucus carota*	Rübe	×	0
Fam. *Myoporaceae*			
16. *Plantago major*	Blattstiel		×
17. *Plantago lanceolata*	Blattstiel		×
Fam. *Apocynaceae*			
18. *Nerium Oleander*	Sproß	×	0
Fam. *Cucurbitaceae*			
19. *Cucurbita pepo*	Sproß	×	0
Fam. *Compositae*			
20. *Leontodon* spec.	Blattstiel		×
Fam. *Liliaceae*			
21. *Dracaena rubra*	Sproß	×	0
22. *Agapanthus umbellat.*	Blatt		0
Fam. *Commelinaceae*			
23. *Tradescantia multic.*	Sproß	×	0
24. *Tradescantia zebrina*	Sproß		0
25. *Rhoeo discolor*	Sproß		0
Fam. *Gramineae*			
26. *Zea Mays*	Sproß	×	0
Fam. *Musaceae*			
27. *Musa Cavendishi*	Blattnerv	×	0
Fam. *Araceae*			
28. *Monstera deliciosa*	Luftwurzel	×	0

Es ist übrigens leicht erklärlich, daß präzise Angaben über die Art der Anheftung der Schraubenbänder in der Literatur verhältnismäßig selten sind, weil sich diese Details ihrer Kleinheit wegen der Beobachtung leicht entziehen, wenn bei der Untersuchung nicht von vorneherein das Augenmerk darauf gerichtet wird. Auch der Verfasser konnte — im Gegensatze zu Rothert, der die Untersuchungen als mit Trockenobjektiven und Wasserimmersion leicht durchführbar bezeichnet — ein eindeutiges Bild von der Art der Anheftung meist erst durch Anwendung einer Ölimmersion mit 1·25 num. Ap. gewinnen.

Rothert hat aus dem oben erwähnten Ergebnisse seiner Untersuchungen noch eine weitere Folgerung abgeleitet, auf die wegen ihrer prinzipiellen Bedeutung und wegen ihres Zusammenhanges mit dem behandelten Thema an dieser Stelle noch eingegangen werden soll: Russow hat in einer schon vor Rothert's Publikation erschienenen Abhandlung[1] Leiter-, Netz- und Schraubengefäße erwähnt, deren Leisten einen einer Eisenbahnschiene ähnlichen Querschnitt besitzen (ohne allerdings Beispiele anzuführen); diese Angabe ist unter Berücksichtigung der Beobachtungen des Verfassers vielleicht darauf zurückzuführen, daß Russow in erster Linie auf die Skulpturen der Membranen der Leiter- und Netzgefäße geachtet hat, deren Querschnitte auf Längsschnitten tatsächlich vermuten lassen, daß es sich um mit einem stark verschmälerten Stiel aufsitzende Verdickungsleisten handle, tatsächlich liegen bei diesen Gefäßen aber Hoftüpfel vor, die sich von den Hoftüpfeln normaler Bauart, wie sie für die Tracheiden der Koniferen typisch sind, dadurch unterscheiden, daß sie stark, oft über die ganze Gefäßweite, in die Länge gezogen sind. Auch Rothert[2] weist auf die Ähnlichkeit des Querschnittsbildes von mit verschmälerter Basis aufsitzenden Verdickungsleisten mit dem Aussehen typischer Hoftüpfel hin, die ohne Berücksichtigung der Flächenansicht der Gefäßwand zu Verwechslungen führen kann und bezeichnet in Konsequenz dieser teilweisen Übereinstimmung des anatomischen Baues die nach außen verbreiterten Zwischenräume zwischen den ringförmigen oder schraubigen Verdickungsleisten geradezu als »ringförmige, respektive spiralige Hoftüpfel«. Er begründet diese Erweiterung des Begriffes »Hoftüpfel« damit, daß das wesentliche Kriterium eines Tüpfels, beziehungsweise Hoftüpfels nur in dem Vorhandensein einer dünnen Stelle in einer verdickten Membran anzusehen sei und daß dieses Kriterium auch für die von ihm angegebene erweiterte Definition zutreffe. Der Verfasser glaubt, dieser Interpretation nicht beipflichten zu können.

Wie sich aus der Entwicklung des Hoftüpfelbegriffes ergibt, die von dem typischen Koniferen-Hoftüpfel ausgegangen ist, sind neben dem schon von Rothert erwähnten Merkmal als weitere integrierende Merkmale des Hoftüpfels einerseits die Geschlossenheit der Kontur des Porus, andrerseits die genau korrespondierende Lage der Tüpfel in benachbarten Gefäßen anzusehen; beide Merkmale sind auch bei den als in die Länge gezogene Hoftüpfel definierten Skulpturen der Membranen der Leiter- und Netzgefäße vorhanden, sie fehlen jedoch vollständig, wenn die Zwischenräume zwischen schraubigen und ringförmigen Verdickungsleisten ebenfalls als Hoftüpfel definiert werden sollten. Schon diese Tatsache läßt

[1] Russow, Zur Kenntnis des Holzes, insonderheit des Koniferenholzes, 1883. Sonderabdruck a. d. bot. Zentralblatt, T. XIII, Nr. 1—5.

[2] W. Rothert, Anzeiger, l. c., p. 24; siehe ferner »Handwörterbuch der Naturwissenschaften«, IV. Bd., p. 1179.

die von Rothert vertretene erweiterte Interpretation des Hoftüpfelbegriffes aus anatomischen Gründen als kaum annehmbar erscheinen. Dazu kommen noch schwerwiegende Bedenken physiologischer Natur, die zwar, da es sich bei ihnen zum Teil um teleologische Spekulationen handelt, verminderte Beweiskraft besitzen, aber doch gerade bei einer Begriffsbestimmung nicht unberücksichtigt bleiben dürfen. Es kann nämlich die Anlegung von ringförmigen und schraubigen Verdickungsleisten, die mit ganz wenigen Ausnahmen (*Taxus*) auf die Gefäße einjähriger Sprosse und bei mehrjährigen Pflanzen auf die Gefäßprimanen beschränkt bleibt, kaum anders erklärt werden als mit einer mechanischen Aussteifung der schon sehr frühzeitig turgorlosen, dünnwandigen Gefäße gegen den äußeren Druck des umgebenden, turgeszenten Gewebes und den äußeren Luftdruck, während die Tüpfel und mit ihnen die Hoftüpfel zweifellos Vorrichtungen darstellen, die den Zweck haben, die verdickten Gefäßmembranen für den Flüssigkeitsaustausch permeabel zu machen.

Aus diesen beiden Erwägungen kann auch die weitere Folgerung Rothert's, daß »...die Membranstruktur bei allen Gefäßen prinzipiell die gleiche ist. Alle Arten von Gefäßen sind durch das Vorhandensein von Hoftüpfeln ausgezeichnet; die Unterschiede zwischen ihnen sind untergeordneter Natur und betreffen nur die Form der Hoftüpfel in der Aufsicht...« nicht unwidersprochen bleiben, ganz abgesehen davon, daß nach den früher erwähnten Untersuchungen des Verfassers die Angaben Rothert's über das fast allgemeine Vorhandensein stark verschmälerter Ansatzstellen der Verdickungsleisten einer weitgehenden Einschränkung bedürfen, wodurch auch eine der wichtigsten Voraussetzungen für die Folgerungen Rothert's entfällt. Im übrigen erwähnt der mehrgenannte Autor selbst, daß die korrespondierende Anordnung der Hoftüpfel bei Ring- und Schraubengefäßen nicht vorhanden ist, erachtet diesen Unterschied jedoch als keineswegs durchgreifend.

Um über das Zutreffen des zweiten von Rothert für die Abrollbarkeit der Schraubenbänder angeführten Grundes Klarheit zu gewinnen, wurde die chemische Beschaffenheit der Bestandteile der Gefäßmembran sowohl von Pflanzen mit ausziehbaren, als auch von solchen mit nicht ausziehbaren Schraubenbändern durch Behandlung mit Phloroglucin-Salzsäure (für Verholzung), mit Jod und Schwefelsäure (für Zellulose) und Färbung mit Rutheniumrot (auf Pektingehalt) untersucht.

Aus diesen Untersuchungen, die in Zusammnnstellung II übersichtlich dargestellt sind, ergibt sich zunächst insofern eine gewisse Gesetzmäßigkeit, als mit Ausnahme von *Musa* Membranen und Verdickungsleisten immer eine verschiedene chemische Beschaffenheit zeigen, gleichgültig, ob die Schraubenbänder ausziehbar sind oder nicht, und ohne Rücksicht auf die Art der Anheftung. Die Behauptung Rothert's, daß die Abrollbarkeit der Verdickungsleisten auf die verschiedene chemische Beschaffenheit und das Vorhandensein

verschmälerter Anheftungsstellen zurückzuführen sei, erweist sich daher als nicht stichhältig. Eine weitere wenigstens teilweise Gesetzmäßigkeit zeigt sich ferner darin, daß mit Ausnahme von *Rhoeo* bei allen Pflanzen, bei denen ausziehbare Schraubenbänder festgestellt wurden, die Verdickungsleisten verholzt sind, die Membranen hingegen aus reiner Zellulose bestehen, während bei den Pflanzen ohne ausziehbare Verdickungsleisten die Membranen in sechs von acht Fällen Pektineinlagerung besitzen. In dem Fehlen von Pektinstoffen, die vermöge ihrer Konsistenz ein festeres Haften der Leisten an der Membran zur Folge haben könnten, wäre vielleicht ein Hinweis auf die Ursache der leichten Abrollbarkeit der Schraubenbänder zu erblicken; dieser Annahme steht jedoch die Tatsache entgegen, daß einerseits auch bei *Rhoeo* die Schraubenbänder trotz des Pektingehaltes der Gefäßmembran leicht abrollbar sind und andrerseits die Schraubenbänder von *Boehmeria* sich nicht abrollen lassen, trotzdem hier wie bei den Pflanzen mit abrollbaren Bändern die Leisten verholzt sind, die Membranen jedoch aus reiner Zellulose bestehen.

Die chemische Beschaffenheit der Gefäßbestandteile gibt demnach keine befriedigende Erklärung für die Abrollbarkeit der Schraubenbänder.

Auch in rein mechanischer Hinsicht mangelt eine eindeutige Erklärung; es könnte angenommen werden, daß Schraubenbänder mit sehr geringer Steigung ähnlich wie Schraubenfedern eine Initialspannung aufweisen, die dann ein Hinausschnellen des Bandes beim Zerreißen des Pflanzenteiles zur Folge hat. Aus einem Vergleich der Gefäße beispielsweise von *Agapanthus* mit jenen von *Plantago* ergibt sich jedoch, daß einerseits in derselben Pflanze (*Agapanthus*) die Verdickungsleisten in dem einen Gefäß sehr geringe, in dem benachbarten dagegen eine sehr starke Steigung aufweisen, andrerseits die Verdickungsleisten der Gefäße von Pflanzen mit nicht abrollbaren Bändern (*Plantago*) mit so geringer Steigung angelegt sind, daß sie dicht aneinanderliegen. Möglicherweise ist die Ursache der leichten Abrollbarkeit darin zu erblicken, daß, wie die Untersuchung bestätigt, bei Pflanzen mit abrollbaren Schraubenbändern die Membranen der Gefäße sehr dünn sind, so daß die Verdickungsleisten in ihnen nur einen schwachen Halt finden, der beim Zerreißen des Pflanzenteiles von den zugfesten und relativ starren Verdickungsleisten leicht überwunden wird, während bei größerer Dicke der Gefäßwand ceteris paribus ein größerer Anteil derselben an der Festhaltung der Verdickungsleiste beteiligt ist und so das Abrollen verhindert.

Hingegen zeigt eine Untersuchung der herausgezogenen Schraubenbänder, die keinerlei Reste der Gefäßwandungen erkennen lassen, in Bestätigung der Angaben Rothert's und im Gegensatze zu jenen de Bary's, daß die Verdickungsleisten tatsächlich von der Membran losgelöst und nicht mit Teilen der Gefäßmembran herausgerissen werden.

III. Zusammenfassung.

a) Die Ausziehbarkeit der Fibrovasalbündel und Zentralzylinder ist auf das Vorhandensein eines geschlossenen, im Querschnitte einfach (meist kreisförmig) konturierten, aus dickwandigen Zellen bestehenden Stereomzylinders sowie darauf zurückzuführen, daß die radialen Membranen der Zellen des an das Stereom unmittelbar anschließenden Gewebes sehr dünnwandig, in einzelnen Fällen sogar mit feinen Tüpfeln versehen sind.

b) Die Ausziehbarkeit der Bastbündel von *Campelia* hat ihren Grund vermutlich in erster Linie in der Elastizität und Zugfestigkeit der Bastzellen, die in dem dünnwandigen Mestom und Blattparenchym nur einen schwachen Halt finden, so daß sie später abreißen als das Blattgewebe und daher leicht herausgezogen werden können.

c) Bezüglich der Art der Anheftung und der Abrollbarkeit der Schraubenbänder ergibt sich:

1. Die ringförmigen und schraubigen Verdickungsleisten der Gefäße liegen der Membran in der Regel mit ihrer ganzen Breite an. Eine Anheftung mit verschmälertem Fuß, die nach Rothert (l. c.) allgemein verbreitet sein soll, ist nur auf einzelne Pflanzen und auch bei diesen meist nur auf einzelne Gefäße und einzelne Verdickungsleisten beschränkt. Deshalb und aus anderen Gründen anatomischer und physiologischer Natur kann der gleichfalls von Rothert vertretenen erweiterten Interpretation des Hoftüpfelbegriffes nicht beigepflichtet werden, es sind vielmehr als Hoftüpfel nach wie vor nur die typischen Hoftüpfel mit rundem Porus (nach dem Typus der Koniferentüpfel) und die in die Länge gezogenen Tüpfel der Leitergefäße der Farne und der Tracheen der dikotylen Holzgewächse anzusehen.

2. Die bei einzelnen Pflanzen zu beobachtende Ausziehbarkeit der Verdickungsleisten der Schraubengefäße beruht auf einer Ablösung der Leisten von der Gefäßmembran, wobei letztere unversehrt bleibt. Sie steht mit der Art ihrer Anheftung an der Gefäßmembran in keinerlei Zusammenhang; die Mehrzahl der der Membran mit verschmälertem Fuß aufsitzenden Verdickungsleisten ist vielmehr nicht abrollbar.

3. Die chemische Beschaffenheit der Verdickungsleisten weicht in der überwiegenden Mehrzahl der untersuchten Fälle von jener der Gefäßmembran ab, ohne daß es jedoch möglich wäre, einen Zusammenhang zwischen der Abrollbarkeit und der chemischen Beschaffenheit festzustellen.

4. Die Frage nach dem Grunde der Abrollbarkeit der Schraubenbänder ist demnach noch als ungeklärt anzusehen; möglicherweise ist die Abrollbarkeit auf die geringe Dicke der Gefäßmembran und die verhältnismäßig große Starrheit der Verdickungsleisten zurückzuführen.
